

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
25 avril 2002 (25.04.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/33463 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : G02B 6/14,
6/26

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR01/03156

(22) Date de dépôt international :
12 octobre 2001 (12.10.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
00/13245 16 octobre 2000 (16.10.2000) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, place d'Alleray,
F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : CHAN-
CLOU, Philippe [FR/FR]; 2 Henri Nevez-Servel, 22300

Lannion (FR). GRAVEY, Philippe [FR/FR]; 34, rue Aris-
tide Briand, F-22300 Lannion (FR). THUAL, Monique
[FR/FR]; 5, rue Liors Eron, F-22560 Trebeurden (FR).

(74) Mandataire : BORIN, Lydie; Cabinet Ballot, 15, rue
Serviez, F-64000 Pau (FR).

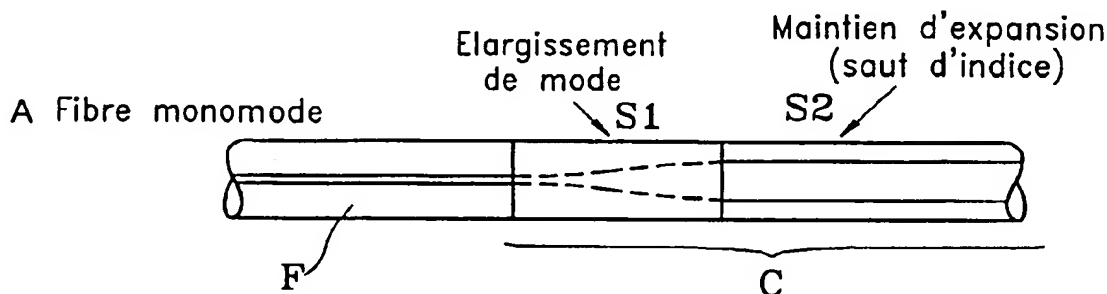
(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GI, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK,
SL, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen
(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU,
MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: OPTICAL COLLIMATOR FOR MONOMODE FIBRES, MONOMODE FIBRE WITH INTEGRATED COLLIMA-
TOR AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) Titre : COLLIMATEUR OPTIQUE POUR FIBRES MONOMODES, FIBRE MONOMODE A COLLIMATEUR INTEGRE
ET PROCEDE DE FABRICATION



A...MONOMODE FIBRE
S1...MODE EXPANSION
S2...EXPANSION MAINTENANCE (STEP INDEX)

(57) Abstract: The invention concerns an optical collimator for monomode fibres, characterised in that the collimator comprises a fi-
bre section with mode expansion (S1) and a fibre section with expansion maintenance (S2). The invention is applicable to monomode
optical fibres with extended field.

(57) Abrégé : L'invention concerne un collimateur optique pour fibres monomodes. Selon l'invention, le collimateur comporte un
tronçon de fibre à expansion de mode (S1) et un tronçon de fibre à maintien d'expansion (S2). L'invention s'applique aux fibres
optiques monomode à champ élargi.

WO 02/33463 A1



Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

COLLIMATEUR OPTIQUE POUR FIBRES MONOMODES, FIBRE
MONOMODE A COLLIMATEUR INTEGRE ET PROCEDE DE
FABRICATION.

L'invention concerne un collimateur optique pour fibres monomodes. Elle concerne également une fibre optique monomode à collimateur intégré et un procédé de fabrication.

5 Les collimateurs optiques pour fibres monomodes sont utilisés pour élargir la taille du faisceau et ainsi relâcher les contraintes de positionnement et l'influence des poussières sur le couplage d'une fibre optique avec un module optique placé en extrémité de
10 fibre (le module optique peut être une autre fibre, un composant actif, un connecteur).

On rappelle que, dans le domaine des télécommunications, la fibre monomode est le support privilégié pour la transmission à haut débit pour les
15 grandes distances. Cependant l'utilisation de cette fibre pour ses propriétés de propagation entraîne d'importantes difficultés d'assemblage chaque fois qu'une interconnexion de deux fibres est nécessaire. En effet la surface d'émission des fibres monomodes est de
20 petite taille de l'ordre de 10µm de diamètre. On comprend donc que la taille de cette surface d'émission rend le couplage optique très sensible aux positionnements axiaux et transversaux, à la moindre poussière ou défaut d'extrémité.

25 Il est par conséquent usuel de placer ou de réaliser un collimateur optique en extrémité de fibres monomodes pour s'affranchir de ces contraintes.

Plusieurs solutions technologiques sont proposées à ce jour pour réaliser de tels collimateurs.

Une première solution représentée sur la figure 1 consiste à positionner (coller, souder...) en extrémité de la fibre monomode un barreau à gradient d'indice de diamètre supérieur à celui de la fibre monomode. A titre d'exemple le diamètre du barreau est d'environ 2mm alors que celui de la fibre est de 125µm.

Ce collimateur permet d'obtenir un faisceau en sortie d'environ 500µm avec une divergence de 0.25°.

Ce type de collimateur permet un assemblage sur des montages de type connecteur et convient parfaitement dans le cas d'interfaces fibres/espace libre.

Les qualités de ce type de collimateur sont des pertes minimales, une divergence faible et une faible réfraction du signal grâce à des montages en biais et des traitements anti-reflets.

Malheureusement, l'inconvénient de cette solution est son faible niveau d'intégration de la fonction optique par rapport à la taille de la fibre et son prix.

En effet, le diamètre de 2 mm du barreau à gradient d'indice est 16 fois supérieur au diamètre de la fibre de 125 µm. La compacité des modules optoélectroniques en est donc limitée. De plus, ce type de technologie nécessite un bon alignement mécanique de la fibre avec le barreau à gradient d'indice, ce qui conduit à un produit connectorisé cher.

Une autre technologie consiste en un collimateur à base de fibres à mode élargi comme représenté sur les figures 2a, 2b, 2c.

L'élargissement du faisceau lumineux par la modification du cœur de la fibre, permet d'intégrer une fonction de collimation dans la fibre. L'intégration de la fonction optique est alors complète au niveau de la

fibre. Les méthodes pouvant être utilisées pour réaliser des fibres à modes élargis sont :

- la fusion et l'étirage pour déconfiner le mode de la fibre en diminuant la section du guide (proposé en 1978 par K. Furuya et al.).
- l'augmentation graduelle de la section guidante avec le diamètre extérieur (proposé en 1987 par N. Amitay et al.).
- la diffusion d'atomes de dopage du cœur de la fibre monomode par un traitement thermique (proposé en 1986 par K. Shigihara et al.). Cette fibre correspond à la fibre TEC (Thermally diffused Expanded Core).

Cependant cette solution présente des inconvénients :

- Pour l'obtention d'un guide fin, le procédé de fusion et étirage est très sensible aux perturbations mécaniques et aux modifications d'indice de la fibre monomode. De plus, le diamètre extérieur n'est pas conservé à 125 μm ce qui nécessite un connecteur spécifique pour son maintien.
- L'élargissement simultané du diamètre extérieur et du cœur nécessite des préformes spéciales. Ce qui est peu compatible avec une production de masse à faible coût. En outre, des connecteurs spécifiques sont nécessaires. Le niveau d'intégration est faible.
- L'expansion du mode par diffusion d'atomes de dopage a pour inconvénient d'être sensible à la zone de clivage.

Une autre technologie consiste en un collimateur à base de fibres lentillées telles que l'illustre la figure 3. La particularité de la micro-lentille réside

dans un apport de matière (par soudure) à l'extrémité de la fibre monomode pour contrôler l'expansion du faisceau. La première solution consiste à souder en extrémité de la fibre monomode un tronçon de fibre multimode à gradient d'indice. Une longueur appropriée de cette fibre est utilisée pour obtenir une section qui tient le rôle de lentille de collimation du faisceau lumineux. Par l'utilisation de fibres de différentes natures, une gamme plus importante de diamètres de mode et de distances de travail peuvent être obtenus. Les qualités de ces micro-lentilles (figure 3) sont nombreuses :

- Une bonne intégration avec des longueurs assez courtes de l'ordre de 500 μm , et des diamètres extérieurs de 125 μm équivalents à celui de la fibre monomode,
- Des coûts réduits car la quantité et le prix de la matière première utilisée sont faibles,
- Des faisceaux suffisamment élargis pour obtenir un bon compromis entre les tolérances de positionnement angulaire et de translation, et les distances de travail, de l'ordre de millimètre, suffisantes pour des applications d'interconnexions,
- Une reproductibilité et une qualité de fabrication connues puisque les étapes consistent en des étapes élémentaires de soudures et de clivages.

Un atout supplémentaire est la possibilité de fabrication collective (en ruban de fibres) avec des cliveuses et soudeuses appropriées.

Cependant, cette solution présente également des inconvénients :

En effet, les propriétés optiques sont obtenues par des longueurs définies de fibre à gradient d'indice ou autre. L'extrémité de la fibre n'est pas facilement utilisable pour du polissage ou du clivage en biais qui
5 sont des étapes élémentaires de la mise en connecteur d'une fibre. Le risque est alors de modifier ou même de supprimer le lentillage d'extrémité.

Cette fibre ne peut donc pas profiter de toute la technologie de manipulation et de connectivisation de
10 la fibre standard.

Et enfin, une quatrième technologie consiste en un collimateur à base de lentille diffractive telle que représentée sur la figure 4.

Cette technologie mise au point par Digital Optics
15 Corporation consiste à réaliser par photo-inscription une lentille diffractive en extrémité d'un barreau de silice lui-même soudé à une fibre optique. Le motif de la lentille permet de réaliser une collimation du faisceau lumineux.

20 Malheureusement cette solution présente les inconvénients suivants :

L'alignement du masque de photo-inscription et des extrémités de fibres est compliqué pour une réalisation collective. La fabrication de matrice de fibres est
25 possible mais nécessite des alignements coûteux.

Bien entendu cette fibre avec une lentille diffractive ne peut être polie, clivée sans destruction de la lentille. La mise en connecteur est pratiquement impossible.

30

L'invention a pour but de résoudre ces problèmes. L'invention a pour objet un collimateur qui s'intègre parfaitement dans la fabrication de fibres optiques monomode. Le résultat est une fibre optique avec un

diamètre de mode large qui est complètement intégré à la dimension de la fibre et qui est facilement manipulable au sens de l'assemblage.

L'invention a pour objet, un collimateur optique pour fibres monomodes, principalement caractérisé en ce qu'il comporte un tronçon de fibre à expansion de mode et un tronçon de fibre à maintien d'expansion.

Selon une autre caractéristique, les tronçons de fibres ont le même diamètre.

Selon un mode de réalisation, le tronçon de fibre à maintien d'expansion est constitué par une fibre multimode à saut d'indice.

Selon un autre mode de réalisation, le tronçon de fibre à maintien d'expansion est constitué par une fibre monomode de diamètre de cœur supérieur à celui de la fibre monomode pour lequel il est prévu.

Selon une variante de réalisation, le tronçon de fibre à maintien d'expansion de mode est constitué par une fibre à cœur dopé.

Selon une autre variante de réalisation, le tronçon de fibre à expansion de mode est constitué par une pluralité de fibres de nature différente.

Un autre objet de l'invention concerne une fibre optique monomode à champ élargi, principalement caractérisée en ce qu'elle comporte en extrémité une section apte à maintenir constant le diamètre du faisceau de lumière, transmis par la fibre.

La section apte à maintenir constant le diamètre du faisceau de lumière, peut être constituée par un tronçon de fibre à saut d'indice.

La section apte à maintenir constant le diamètre du faisceau de lumière, peut être constituée par un tronçon de fibre à large cœur.

La fibre comprend une section à élargissement de mode.

Selon une autre caractéristique, la fibre et les tronçons de fibres en son extrémité ont le même diamètre.

L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un ensemble de fibres optiques à expansion de mode principalement caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 10 - souder collectivement un ensemble de n fibres à maintien d'expansion de mode à un ensemble de n fibres monomodes à expansion de mode,
- fracturer collectivement l'ensemble de n fibres à maintien d'expansion de manière à obtenir n
- 15 tronçons de longueur prédéterminée.

Les ensembles de n fibres se présentent sous la forme de rubans de fibres.

Les fibres à maintien d'expansion utilisées dans le procédé de fabrication sont des fibres multimodes à

20 saut d'indice.

Selon un autre mode de réalisation, les fibres à maintien d'expansion sont des fibres monomodes à large cœur.

25 D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement à la lecture de la description qui est faite ci-après et qui est donnée à titre illustratif et non limitatif en regard des dessins annexés sur lesquels :

- 30 - Les figures 1, 2a, 2b, 2c, 3 et 4 représentent des schémas de collimateurs selon l'état de la technique,

- La figure 5, représente un schéma d'une fibre optique avec collimateur intégré selon l'invention,
- 5 - La figure 6 représente un tableau d'évolution du diamètre de mode en fonction de la longueur de fibre multimode à saut d'indice.
- La figure 7 représente la fabrication collective de fibres monomodes selon l'invention.

10

Selon l'invention le collimateur C illustré par le schéma de la figure 5, comprend une optique S1 à élargissement de mode. Cette optique d'expansion de mode S1 peut être réalisée par des tronçons de fibres
15 de différentes natures, juxtaposés par soudure, ou par un tronçon de fibre dopée, le dopage se faisant de manière connue en soi par diffusion d'atomes dopants dans le cœur de la fibre.

Le collimateur C selon l'invention comprend en
20 outre une optique S2 à maintien d'expansion (maintien du mode élargi), c'est à dire une optique apte à propager un faisceau de lumière de diamètre constant. Cette optique d'expansion S2 est réalisée par un tronçon de fibre ayant les propriétés requises. Il
25 pourra s'agir d'un tronçon de fibre à saut d'indice ou d'un tronçon de fibre monomode à large cœur c'est à dire ayant un diamètre de cœur supérieur au diamètre du tronçon de fibre à expansion.

On constate qu'un tel collimateur s'intègre
30 parfaitement bien dans la réalisation d'une fibre monomode comme l'illustre la figure 5.

En effet, la fibre monomode F comporte en son extrémité un collimateur C qui ne change en rien l'aspect extérieur de la fibre F puisque son diamètre

extérieur est le même que celui de la fibre, et qui ne change en rien sa résistance mécanique.

En outre ce collimateur C permet l'assemblage sur des montages de type connecteurs et convient
5 parfaitement dans le cas d'interfaces fibres/espace libre.

Le collimateur ainsi réalisé n'impose aucune contrainte sur la longueur du tronçon de fibre à maintien d'expansion S2 si bien que l'on dispose de
10 toute liberté sur le choix de cette longueur.

Il est en outre possible si nécessaire, que la facette extrême de ce tronçon soit :

polie ou clivée droite ou en biais, arrondie, attaquée chimiquement,
15 ou qu'elle reçoive un dépôt anti-reflet ou un dépôt d'un motif quelconque (photo inscription par exemple) pour réaliser une lentille de diffraction.

L'extrémité de cette section S2 peut également être étirée, amincie, si besoin et cela sans destruction ou
20 modification de la fonction assurée par cette section.

En outre le collimateur C permet un raccordement avec toute optique y compris avec une autre fibre soudée à son extrémité.

Un faisceau lumineux injecté dans la fibre F est
25 collimaté dans la section S1 puis guidé par la section S2. Le mode de propagation dans cette section correspond au mode LP01. En pratique, la propagation du mode LP01 « large » est possible sur une certaine distance. La propagation de ce mode ne s'accompagne
30 d'aucune variation de la géométrie du faisceau optique (diamètre de mode). L'excitation de ce mode, et uniquement de ce mode, est conditionnée par la qualité de l'injection du faisceau provenant de la section S1 vers la section S2.

La fabrication d'une fibre monomode comprenant un collimateur à maintien de l'expansion de mode selon l'invention est compatible avec une fabrication collective c'est à dire avec une fabrication simultanée de plusieurs fibres. Une fabrication collective s'applique tout particulièrement à des ensembles de fibres tels que des rubans de fibres.

La figure 7 illustre la fabrication collective de fibres optiques à expansion de mode selon l'invention.

Le procédé de fabrication consiste d'une part à réaliser un ensemble de fibres monomodes à expansion de mode.

Le procédé consiste d'autre part à réaliser collectivement un ensemble de fibres à maintien d'expansion (fibres à saut d'indice ou à large cœur).

Le procédé consiste enfin à souder collectivement bout à bout les extrémités des fibres à expansion de mode et à maintien de mode, puis à cliver collectivement à la longueur désirée les fibres à maintien de mode.

Une fibre à collimateur intégré selon l'invention a été réalisée par le déposant pour différentes longueurs de fibre à saut d'indice en extrémité. Les résultats des différents essais ont montré une indépendance à la longueur de cette fibre d'extrémité pour des longueurs variant de 0 à 10 mm. Dans l'exemple choisi, le diamètre de mode est de 20 μm . Ce diamètre de mode est obtenu par l'utilisation de sections de fibres de différentes natures. L'onde injectée est supposée plane en entrée de la fibre à saut d'indice.

Les caractéristiques de la fibre sont les suivantes:

- fibre monomode : G652, $\Phi_{\text{EXT}} = 125 \mu\text{m}$, $\Phi_{\text{CŒUR}} = 7.2 \mu\text{m}$
- lentille d'expansion de mode (section S1) : passage de 11 μm à 20 μm

- fibre à saut d'indice (S2): $\Phi_{\text{EXT}} = 125 \text{ } \mu\text{m}$, $\Phi_{\text{cœur}} = 35 \text{ } \mu\text{m}$, (saut d'indice) $\Delta n = 21 \cdot 10^{-3}$

Pour cette fibre le diamètre du mode LP01 est de 20 μm .

Il s'agit d'un exemple, les caractéristiques des
5 fibres peuvent être différentes. Par exemple avec une
fibre standard à saut d'indice 50/125, le diamètre du
mode LP01 est d' environ 30 μm .

La figure 6 montre l'indépendance de la longueur de
fibre multimode à saut d'indice pour le diamètre de
10 mode du faisceau de sortie.

On remarque que le diamètre de mode du faisceau est
inchangé pour une longueur de fibre à saut d'indice de
0 à 10 mm.

En outre, des essais ont été effectués sur le
15 rendement d'interconnexion. Le rendement
d'interconnexion est le même que pour une fibre sans un
tronçon de fibre multimode à saut d'indice. Cette fibre
n'apporte donc aucune modification aux propriétés
optiques de l'interconnexion. La tolérance de
20 positionnement est celle de deux faisceaux de 20 μm de
diamètre de mode.

Ces pertes incluent les pertes de Fresnel du
dioptre silice/air, qui s'élèvent à 0,34 db.

Ainsi, le déposant a réalisé et modélisé un
25 collimateur intégré à la dimension de la fibre dont les
propriétés optiques sont indépendantes, dans une
certaine mesure, de la longueur de son extrémité.

REVENDEICATIONS

1. Collimateur optique pour fibres monomodes, caractérisé en ce qu'il comporte un tronçon de fibre à expansion de mode (S1) comprenant une entrée et une sortie pour un faisceau lumineux, l'entrée du tronçon de fibre à expansion de mode (S1) étant du côté dont le diamètre de cœur est le plus faible et la sortie étant du côté dont le diamètre de cœur est le plus élevé et en ce qu'il comporte couplé à cette sortie, un tronçon de fibre à maintien d'expansion (S2) dont le diamètre de cœur est égal ou supérieur au diamètre de cœur le plus élevé du tronçon de fibre à expansion de mode de manière à maintenir constant le diamètre du faisceau de lumière guidé pour ce tronçon.

2. Collimateur optique pour fibres monomodes selon la revendication 1, caractérisé en ce que les tronçons de fibres (S1, S2) ont le même diamètre.

3. Collimateur optique selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le tronçon de fibre à maintien d'expansion (S2), est constitué par une fibre multimode à saut d'indice.

4. Collimateur optique selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le tronçon de fibre à maintien d'expansion (S2), est constitué par une fibre monomode de diamètre de cœur supérieur à celui de la fibre monomode pour lequel il est prévu.

5. Collimateur optique selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le tronçon de fibre à maintien

d'expansion de mode (S1) est constitué par une fibre à cœur dopé.

5 6. Collimateur optique selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le tronçon de fibre à expansion de mode est constitué par une pluralité de fibres de nature différente.

10 7. Fibre optique monomode à champ élargi, caractérisée en ce qu'elle comporte en extrémité une section (S2) apte à maintenir constant le diamètre du faisceau de lumière, transmis par la fibre.

15 8. Fibre optique selon la revendication 7, caractérisée en ce que la section apte à maintenir constant le diamètre du faisceau de lumière, est constituée par un tronçon de fibre à saut d'indice.

20 9. Fibre optique selon la revendication 7, caractérisée en ce que la section apte à maintenir constant le diamètre du faisceau de lumière, est constituée par un tronçon de fibre à large cœur.

25 10. Fibre optique selon les revendications 7 à 9, caractérisée en ce que la fibre comprend une section à élargissement de mode.

30 11. Fibre optique selon la revendication 10, caractérisée en ce que la section à élargissement de mode est réalisée par une pluralité de tronçons de fibres optiques.

12. Fibre optique selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, caractérisée en ce que la fibre

(7) et les tronçons de fibres (S1. S2) en son extrémité ont le même diamètre.

13. Procédé de fabrication d'un ensemble de fibres optiques optique monomode à expansion de mode, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- souder collectivement un ensemble de n fibres à maintien d'expansion de mode à un ensemble de n fibres monomodes à expansion de mode,
- fracturer collectivement l'ensemble de n fibres à maintien d'expansion de manière à obtenir n tronçons de longueur prédéterminée.

14. Procédé de fabrication d'un ensemble de fibres optiques selon la revendication 14, caractérisée en ce que les ensembles de n fibres sont des rubans de fibres.

15 Procédé de fabrication d'un ensemble de fibres optiques selon la revendication 14 ou 15, caractérisée en ce que les fibres à maintien d'expansion sont des fibres multimodes à saut d'indice.

16. Procédé de fabrication d'un ensemble de fibres optiques selon la revendication 14 ou 15, caractérisée en ce que les fibres à maintien d'expansion sont des fibres monomodes à large cœur.

1/2

FIG. 1

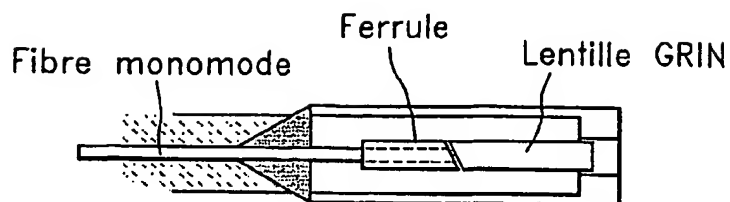


FIG. 2a

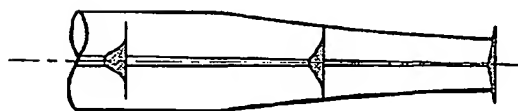


FIG. 2b



FIG. 2c

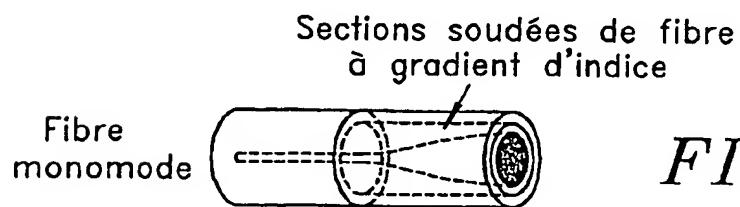
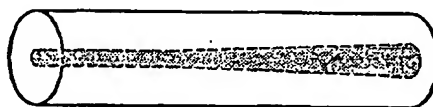


FIG. 3

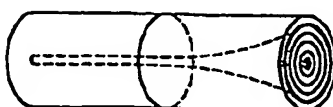


FIG. 4

Fibre avec lentille diffractive en extrémité

2/2

FIG. 5

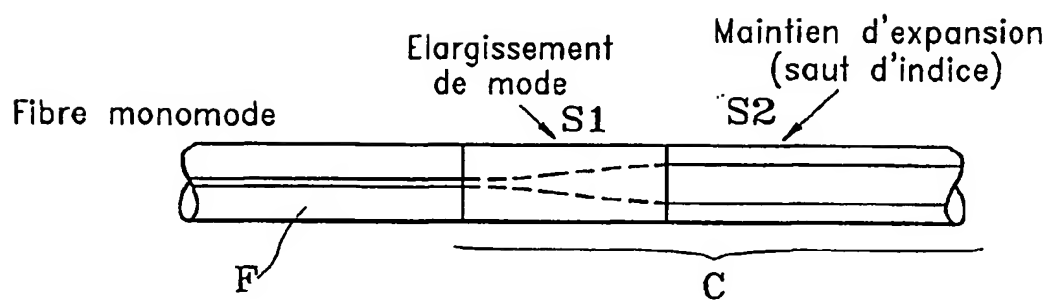


FIG. 6

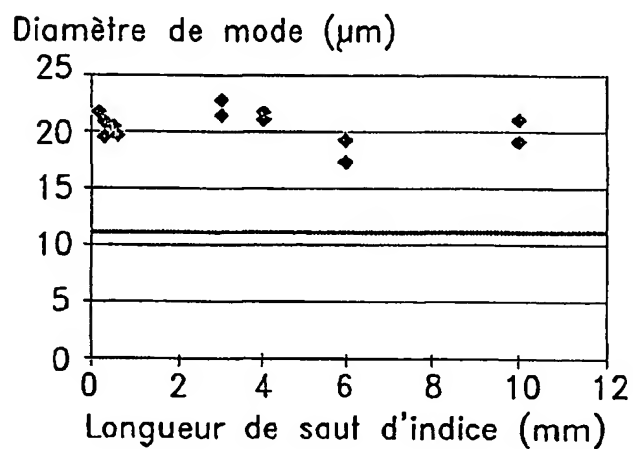


FIG. 7

